

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003 年 12 月 11 日 (11.12.2003)

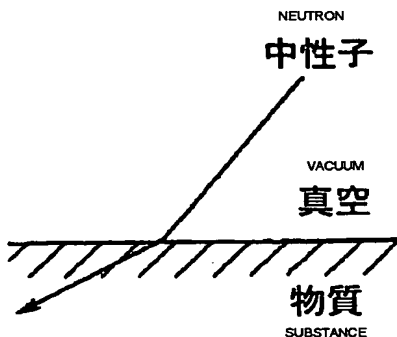
PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/102970 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G21K 1/06, 1/00 (YAMAGATA, Yutaka) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内 Saitama (JP). 守安 精 (MORIYASU, Sei) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内 Saitama (JP). 清水 裕彦 (SHIMIZU, Hirohiko) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内 Saitama (JP). 奥 隆之 (OKU, Takayuki) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内 Saitama (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/07002
- (22) 国際出願日: 2003 年 6 月 3 日 (03.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 堀田 実 (HOTTA, Minoru); 〒108-0014 東京都港区 芝 5 丁目 2 番 20 号 建築会館 4 階 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:
特願 2002-162365 2002 年 6 月 4 日 (04.06.2002) JP (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 理化学研究所 (RIKEN) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 Saitama (JP). (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森田 晋也 (MORITA, Shinya) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内 Saitama (JP). 大森 整 (OHMORI, Hitoshi) [JP/JP]; 〒351-0198 埼玉県 和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内 Saitama (JP). 山形 豊
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: NEUTRON BEAM CONTROL DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 中性子ビーム制御装置及びその製造方法



(57) Abstract: A neutron beam control device and a method of manufacturing the control device, the device comprising a plurality of stackingly arranged columnar prisms (1) formed of a substance having a refractive index against neutron beam of one or less, wherein the columnar prisms (1) are generally right-triangular in cross section and three-dimensionally stacked so that the sides (1a, 1b, 1c) thereof are positioned parallel with each other; the method for forming the columnar prisms comprising the steps of cutting a material formed of the substance in bar-like members (5), fitting the bar-like members into a plurality of same grooves (6a) in a working jig (6), and simultaneously flattening the upper surfaces of the grooves.

(57) 要約: 中性子ビームに対する屈折率が 1 よりも小さい物質からなり積層配列された複数の柱状プリズム 1 を備える。柱状プリズム 1 の断面形状はほぼ直角三角形であり、各辺 1 a、

1 b、1 c が互いに平行に位置するように立体的に積層される。柱状プリズムの成形は、前記物質からなる素材を棒状部材 5 に切出し、各棒状部材を加工治具 6 の複数の同一溝 6 a にそれぞれ嵌め込み、溝の上面を同時に平面加工する。

明細書

中性子ビーム制御装置及びその製造方法

5 発明の背景

発明の技術分野

本発明は、中性子ビームを収束又は発散させる中性子ビーム制御装置及びその製造方法に関する。

10

関連技術の説明

中性子ビームは、X線や光子と相違し、(1)原子核と強く相互作用する、(2)そのエネルギーと波長が原子レベルの運動や構造の大きさと同程度である、(3)磁気モーメントを持っている、(4)透過力が強い、等の特徴を有している。そのため、中性子ビームは、原子核の位置自体を研究対象とするような場合、例えばX線散乱では測定が極めて難しい有機物中の水素原子の位置の情報を得るような場合などは中性子ビームを用いた散乱実験が不可欠となる。また、中性子のスピンが $1/2$ で磁気双極子モーメントを持っていることから、物質の磁気構造を調べるにも好都合である。さらに、放射線で工業製品等の大型の対象物の内部を研究するような場合には、中性子ビームであれば透過力が強いために透視が可能となる。

しかし、中性子ビームは発生が容易でないため、供給できる場所は原子炉及び加速器施設などに限られる。そのため、中性子ビームを中性子源から利用装置まで効率良く導き、微小な試料に対して高密度の中性子ビームを照射するには、中性子ビームの平行度を高め、さらにこれを収束させるビーム制御技術が不可欠となる。

近年、中性子ビームを利用した上述した解析等が注目されるようになってきており、その収束又は発散させるための素子が本発明と同一の出願人から提案されている(特開2001-062691号)。以下、かかる素子を「中性子レンズ」

と呼ぶ。

図 1 は物質による中性子ビームの屈折の原理図である。中性子と物質との相互作用は、物質中に含まれる原子核との相互作用がほとんどであり、この相互作用により入射中性子は物質中に入る際に運動エネルギーの一部を失い、物質境界面
5 び垂直方向に減速を受ける。従って、図 1 に示すように、物質との境界面に斜めに入射した中性子ビームは、屈折率が 1 よりも小さい値を持つように屈折する。このように、中性子ビームに対して屈折率が 1 よりも小さい値を持つ物質は、自然同位体存在比の元素では O, C, Be, F であり、濃縮同位体では重水素 D である。

- 10 図 2 は、中性子レンズの原理図である。この図は、1 枚の板状部材 1 1 に中性子ビーム 1 6 が入射したときの様子を示している。板状部材 1 1 の表面には、ほぼ垂直な面 1 4 と傾斜した面 1 5 からなる直線状突起 1 2 が設けられており、この直線状突起 1 2 の傾斜面 1 5 に入射した中性子ビーム 1 6 は、図 1 で示したように 1 よりも小さい屈折率で屈折する。ただし、この一度の屈折で屈折される角
15 度 δ は微小であり、例えば板状部材が中性子透過率の高いポリテトラフルオロエチレン (PTFE) からなり、直線状突起 1 2 の傾斜面 1 5 が板状部材 1 1 の面に対してなす角度 α が 45° であるとき、板状部材 1 1 に垂直に入射した波長 14 \AA の中性子ビームの屈折角 δ は 0.14 mrad にすぎない。

- 図 3 は、中性子ビームを収束する機能を有する中性子レンズの斜視図、図 4 は
20 その A-A 断面図である。この中性子レンズは、本体部分 2 0 と、本体部分を固定する上下の環状外枠 2 1、2 2 とからなる。この中性子レンズは、上下の環状外枠 2 1、2 2 の間に本体部分 2 0 を挟み、2 つの環状外枠 2 1、2 2 の間に配置されたピン 2 3 に外枠側からネジ 2 4 をネジ止めして組み立てられる。

- 図 5 A, B は、本体部分 2 0 を構成する板状部材の構造図である。本体部分 2
25 0 は、中央部分に穴 3 2 を設けた多数の板状部材 2 5 を積層して構成されている。上方に位置する板状部材ほど中央部分に設けられた穴の大きさが大きく、また一番下の板状部材は中央部分に穴が無い。従って、本体部分は、全体的に中央が円錐状に窪んだすり鉢状の形状をしている。なお図 4 の例では板状部材 2 5 を 3 3 枚積層している。また、3 3 a ~ 3 3 d はピン 2 3 用の穴である。

図 5 A, B において、板状部材 2 5 は、例えば薄板に断面形状が三角形の環状突起 3 1 を同心円状に、かつ半径方向に連続して設けたものである。入射中性子ビームのビーム軸に対して傾斜した入射面を与える断面三角形の環状突起 3 1 の傾斜面 3 1 a は、同心円の内側、すなわち中性子レンズの中心軸方向を向いて

5 いる。

図 4 及び図 5 に示した中性子レンズの軸に平行に入射した中性子ビームは、それぞれ板状部材に設けられた環状突起 3 1 の傾斜面に斜めに入射するため、中性子レンズの中心軸方向に偏向される。中心軸附近に入射する中性子ビームは相対的に少ない環状突起を通過するため偏向角が小さいが、周辺附近に入射する中性子ビームは相対的に多くの環状突起を通過するため偏向角が大きくなる。従って、この中性子レンズは、光学系における凸レンズと同様の機能を果たし、中性子ビームを微小領域に収束することができる。

10

また、図 5 とは逆に、環状突起 3 1 の傾斜面 3 1 a を、同心円の外側に向けることにより、図 4 と同一の構成で、光学系における凹レンズと同様の機能を果たし、中性子ビームを発散させることができる。

15

板状部材 2 5 は、上述したように中性子ビームに対して屈折率が 1 よりも小さい値を持つ物質で成形する必要がある。かかる物質は、自然同位体存在比の元素では O, C, Be, F 等であり、濃縮同位体では重水素 D である。具体的には、前述したポリテトラフルオロエチレン (PTFE) の他、石英、 MgF_2 、鉛ガラス、グラッシーカーボン、水素を重水素で置換した重水素化ポリエチレン等が該当する。

20

これらの物質のうち比較的安価かつ容易に入手できるのは、石英、 MgF_2 、鉛ガラス、グラッシーカーボン（以下単にカーボンという）であり、カーボン板から上述した板状部材を成形することが望まれている。

しかし、カーボンは硬くかつ脆いため、通常の加工手段、例えば切削加工では、環状突起 3 1 のエッジ部が欠けてしまい、所望の形状に加工できない問題点があった。すなわち、多数の板状部材 2 5 を積層して中性子レンズを構成する必要があるため、中性子レンズを小型化するために 1 枚の板状部材 2 5 は薄いほど良く、例えば厚さ 1 mm 前後にすることが望ましい。しかし、カーボン板を薄くすると

25

わずかな加工抵抗で破損する問題がある。また、中性子ビームを正確に偏向させるためには、環状突起 31 の傾斜面 31a の精度を高める必要がある。さらに、表面での乱反射を抑え中性子ビームの透過率を高めるためには、傾斜面 31a を鏡面に近い優れた加工面粗さに仕上げる必要がある。

- 5 上述した問題点を解決するために、本発明の発明者等は、図 6 に模式的に示すように、砥石 33 の 1 又は複数のテーパ面 33a のなす角度が、中性子レンズ部材 32 の表面に形成する V 字状の溝の角度よりも鋭角に形成され、砥石駆動装置 34 により砥石 33 の軸線を中性子レンズ部材 32 の回転軸に対して傾斜して位置決めし、かつその位置でその傾斜角度をわずかに揺動する中性子レンズ部材の加工方法（特開 2001-062691 号）を創案し出願した。

10 しかしこの加工方法では工具の磨耗に伴う工具形状の変化を避けることが難しく、それによって微細溝の断面形状が変化しかつ素子光学面の表面粗さの制御も困難であり、結果として素子の中性子ビーム制御性能の低下や、工具の形状修正のためのコスト増ならびに加工能率の悪化につながる問題点があった。

15

発明の要約

- 本発明は、かかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的は、中性子ビームに対して屈折率が 1 よりも小さい値を持つ物質、
20 例えば硬くかつ脆いグラッシーカーボン等からなり、中性子ビームを効率よく収束又は発散させることができる中性子ビーム制御装置及びその製造方法を提供することにある。

- 本発明によれば、中性子ビームに対する屈折率が 1 よりも小さい物質からなり積層配列された複数の柱状プリズム（1）を備える、ことを特徴とする中性子ビ
25 ーム制御装置が提供される。

この構成により、各柱状プリズム（1）の断面形状と表面粗さを高精度かつ高品質に加工することにより、先端部や鋭角底の丸まりや欠けのない中性子レンズを構成することができる。

本発明の好ましい実施形態によれば、前記柱状プリズム（1）の断面形状がほ

ば直角三角形であり、各柱状プリズムは、各辺（1 a, 1 b, 1 c）が互いに平行に位置するように立体的に積層されている。

この構成により、柱状プリズム（1）の2辺（1 a, 1 b）を通過する中性子ビームを偏向させることができ、これを積層された複数の柱状プリズム（1）で繰り返すことにより、中性子ビームを大きく偏向させることができる。

更に、直角三角形の斜面（1 a）が互いに平行かつ同一方向に向き、全体がほぼ三角柱（2）を形成するように積層されるのがよい。この構成により、三角柱（2）の高さの低い部分に入射する中性子ビームは相対的に少ない柱状プリズム（1）を通過するため偏向角が小さいが、高さの低い部分に入射する中性子ビームは相対的に多くの柱状プリズム（1）を通過するため偏向角が大きくなる。従って、この三角柱（2）は、光学系における凸レンズと同様の機能を果たし、中性子ビームを微小領域に収束することができる。

また、前記三角柱（2）を複数備え、各三角柱を構成する柱状プリズムの斜面（1 a）が互いに交叉する方向に向くように配置するのがよい。この構成により、複数の三角柱（2）により中性子ビームを微小領域に収束することができ、相乗的に中性子ビームを強くすることができる。

また、前記柱状プリズム（1）の断面形状がほぼ直角三角形であり、各柱状プリズムの各辺（1 a, 1 b, 1 c）が互いに平行に位置するように水平に積層された複数の水平プリズム板（3）を備え、各水平プリズム板が交互に90°ずつ水平回転させて垂直に積層されるのがよい。

この構成により、交互に90°ずつ異なる方向に中性子ビームを偏向させ、全体として1点に収束させることができる。

また、前記各柱状プリズムを所定の位置に位置決めするための位置決め部材（4）を備えるのがよい。かかる位置決め部材（4）により、複数の柱状プリズムを所定の位置に容易に位置決めすることができる。

また、本発明によれば、中性子ビームに対する屈折率が1よりも小さい物質からなり、断面形状がほぼ直角三角形である柱状プリズム（1）を複数成形し、各柱状プリズムの各辺が互いに平行に位置するように立体的に積層する、ことを特徴とする中性子ビーム制御装置の製造方法が提供される。

本発明の好ましい実施形態によれば、前記柱状プリズムの成形は、モールド成形、押出し成形、切削、研削、研磨のいずれか又はこれらの組合せによる。

この方法によれば、各柱状プリズム（１）の断面形状と表面粗さを高精度かつ高品質に比較的簡単かつ高能率に加工することができ、先端部や鋭角底の丸まり
5 や欠けのない高性能の中性子レンズを構成することができる。

また、前記柱状プリズムの成形は、前記物質からなる素材を棒状部材（５）に切出し、該各棒状部材を加工治具（６）の複数の同一溝（６a）にそれぞれ嵌め込み、該溝の上面を同時に平面加工する。また、前記平面加工は、ストレート砥石、カップ砥石、又はラップ盤による、ことが好ましい。

10 この加工方法により、丸まりや欠けのない同一形状の柱状プリズム（１）を高能率に加工できる。

更に、前記平面加工は、ELID研削法によるのがよい。ELID研削法を適用することにより、各柱状プリズム（１）の各面を鏡面に近い高品質の面粗さに、かつ高能率で加工することができる。

15 本発明のその他の目的及び有利な特徴は、添付図面を参照した以下の説明から明らかになる。

図面の簡単な説明

20 図１は、物質による中性子ビームの屈折の原理図である。

図２は、中性子レンズの原理図である。

図３は、中性子ビームを収束する機能を有する中性子レンズの斜視図である。

図４は、図３のA-A断面図である。

図５A、Bは、図４の本体部分を構成する板状部材の構造図である。

25 図６は、未公開の中性子レンズ部材の加工方法の模式図である。

図７A、B、C、Dは、本発明による中性子ビーム制御装置の原理図である。

図８A、Bは、本発明による柱状プリズムの成形方法の一例を示す模式図である。

図９A、B、Cは、本発明による柱状プリズムの積層方法の一例を示す模式

図である。

図 1 0 は、本発明による中性子ビーム制御装置の第 1 実施形態図である。

図 1 1 は、本発明による中性子ビーム制御装置の第 2 実施形態図である。

図 1 2 は、本発明による中性子ビーム制御装置の第 3 実施形態図である。

5

好ましい実施例の説明

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

図 7 A, B, C, D は、本発明による中性子ビーム制御装置の原理図であり、図 7 A は全体の構成図、図 7 B はその作動説明図、図 7 C は単一の作動説明図、図 7 D はその効果の説明図である。

この図に示すように、本発明の中性子ビーム制御装置は、複数の柱状プリズム 1 (この図では `neutron prism`: 中性子プリズム) を備える。この柱状プリズム 1 は、中性子ビームに対する屈折率が 1 よりも小さい物質からなる。かかる物質は、自然同位体存在比の元素では O, C, Be, F であり、濃縮同位体では重水素 D である。具体的には、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、グラッシーカーボン、水素を重水素で置換した重水素化ポリエチレン、石英、MgF₂、鉛ガラス、等が該当する。なお、以下、中性子ビームに対する屈折率が 1 よりも小さい物質を「中性子偏向物質」と呼ぶ。

また、この柱状プリズム 1 の断面形状はほぼ直角三角形であり、各柱状プリズムの各辺 1 a, 1 b, 1 c が互いに平行に位置するように立体的に積層されている。

柱状プリズム 1 の斜面 1 a と底面 1 b のなす角度 β は任意であり、これにより、図 7 C に示すように中性子ビーム (`neutron beam`) を斜面 1 a の方向に偏向させることができる。この偏向角度 ($\theta' - \theta$) はわずかであるが、これを多数積層 (図では n 層) することにより、図 7 A, B に示すように、全体で大きな偏向角度 δ を得ることができる。

また、この柱状プリズム 1 を図で水平方向に積層することにより、図 7 D に示すように単一の大きなプリズムと等価な偏向を薄いプリズムで達成することができる、かつ中性子の物質による吸収量を少なくすることができる。

図 8 A, B は、本発明による柱状プリズムの成形方法の一例を示す模式図であり、図 9 A, B, C は、本発明による柱状プリズムの積層方法の一例を示す模式図である。

図 8 A, B 及び図 9 A, B, C に示すように、本発明の中性子ビーム制御装置の製造方法は、中性子偏向物質からなり、断面形状がほぼ直角三角形である柱状プリズム 1 を複数成形する成形ステップと、各柱状プリズムの各辺が互いに平行に位置するように立体的に積層する積層ステップとからなる。

成形ステップでは、先ず中性子偏向物質からなる素材を棒状部材 5 に切出す。この切り出し方法は、モールド成形、押出し成形、切削、研削、研磨のいずれでもよく、或いはこれらの組合せでもよい。

次に、図 8 A に示すように、各棒状部材 5 を加工治具 6 の複数の同一溝 6 a にそれぞれ嵌め込む。また、この際、必要により接着剤等を併用してもよい。

次いで、図 8 B に示すように、各溝の上面を同時に平面加工する。

図 8 B において、7 は E L I D 用砥石であり、8 は E L I D 用電極である。すなわち、この例では、電極 8 と砥石 7 との間に導電性研削液を供給しながらその間に電解用電圧を印加して、砥石 7 の外表面を電解ドレッシングしながら、柱状プリズム 1 の斜面 1 a を電解インプレセストレッシング研削（E L I D 研削）するようになっている。また、その他の面 1 b, 1 c も、別の加工治具 6 を用いて同様に E L I D 研削する。

この方法により、超微粒の砥粒を含む E L I D 用砥石 7（導電性砥石）を用いても、常に砥石を最適状態に目立てして使用でき、低い加工抵抗で高能率かつ高精度に加工でき、かつ優れた面粗さを有する鏡面を得ることができる。

なお、図 8 B における砥石は、ストレート砥石に限定されずカップ砥石でもよく、或いはラップ盤による加工であってもよい。更に、この成形は、E L I D 研削に限定されず、中性子偏向物質により、モールド成形、押出し成形、切削、研削、研磨のいずれでもよく、或いはこれらの組合せでもよい。

次に積層ステップでは、図 9 B に示す位置決め部材 4 を用い、各柱状プリズム 1 を所定の位置に位置決めする。この位置決め部材 4 には、好ましくは中性子の透過性の高い物質（例えばアルミニウム）を用いる。また、この位置決め部材 4 に各柱状プリズム 1 を位置決め後、これを積層することにより、図 9 C に示すように、柱状プリズム 1 を立体的に積層することができる。なお、この位置決め部材 4 は、不可欠ではなく、必要に応じてこれを省略して積層してもよい。

図 10 は、本発明による中性子ビーム制御装置の第 1 実施形態図である。この図において、柱状プリズム 1 の断面形状はほぼ直角三角形であり、各柱状プリズム 1 は、各辺 1 a, 1 b, 1 c が互いに平行に位置するように水平方向及び垂直方向に立体的に積層され、全体として立方体のブロックを形成している。隣接する柱状プリズム 1 の間の隙間は、中空であり、必要により不活性ガスで満たし、或いは真空中に保持してもよい。また、この中空を中性子ビームを吸収しない物質で満たして、柱状プリズム 1 を固定してもよい。

この構成により、柱状プリズム 1 の 2 辺 1 a, 1 b を通過する中性子ビームを積層された複数の柱状プリズム 1 で繰り返し偏向させることができ、中性子ビームを大きく偏向させることができる。

図 11 は、本発明による中性子ビーム制御装置の第 2 実施形態図である。この図において、柱状プリズム 1 の直角三角形の斜面 1 a が互いに平行かつ同一方向に向き、全体がほぼ三角柱 2 を形成するように積層されている。また、この例では、かかる三角柱 2 を 2 つ備え、各三角柱 2 を構成する柱状プリズム 1 の斜面 1 a が互いに交叉する方向に向くように配置されている。

この構成により、複数の三角柱（2）により中性子ビームを微小領域に収束させることができ、相乗的に中性子ビームを強くすることができる。

図 12 は、本発明による中性子ビーム制御装置の第 3 実施形態図である。この図において、図 11 と同様の三角柱 2 を 4 つ備え、下段の 2 つを各三角柱 2 を構成する柱状プリズム 1 の斜面 1 a が互いに交叉する方向に向くように配置し、上段の 2 つを下段の 2 つに対して水平に 90° 旋回させて配置している。

この構成により、交互に 90° ずつ異なる方向に中性子ビームを偏向させ、全体として 1 点に収束させることができる。

上述したように、本発明によれば、以下の効果を得ることができる。

(1) 各柱状プリズム 1 の断面形状と表面粗さを高精度かつ高品質に加工することにより、先端部や鋭角底の丸まりや欠けのない中性子レンズを構成することができる。

5 (2) 柱状プリズム 1 の 2 辺 1 a, 1 b を通過する中性子ビームを偏向させることができ、これを積層された複数の柱状プリズム 1 で繰り返すことにより、中性子ビームを大きく偏向させることができる。

(3) 柱状プリズム 1 の積層体により、光学系における凸レンズと同様の機能を果たし、中性子ビームを微小領域に収束することができ、相乗的に中性子ビーム
10 を強くすることができ、更に全体として 1 点に収束させることもできる。

(4) 位置決め部材 4 を用いて、複数の柱状プリズムを所定の位置に容易に位置決めすることができる。

(5) 各柱状プリズム 1 の断面形状と表面粗さを高精度かつ高品質に比較的簡単かつ高能率に加工することができ、先端部や鋭角底の丸まりや欠けのない高性能
15 の中性子レンズを構成することができる。

従って、本発明の中性子ビーム制御装置及びその製造方法は、中性子ビームに対して屈折率が 1 よりも小さい値を持つ物質、例えば硬くかつ脆いグラッシーカーボン等からなり、中性子ビームを効率よく収束又は発散させることができる等の優れた効果を有する。

20 なお、本発明をいくつかの好ましい実施例により説明したが、本発明に含まれる権利範囲は、これらの実施例に限定されないことが理解されよう。反対に、本発明の権利範囲は、添付の請求の範囲に含まれるすべての改良、修正及び均等物を含むものである。

請求の範囲

1. 中性子ビームに対する屈折率が1よりも小さい物質からなり積層配列
5 された複数の柱状プリズム(1)を備える、ことを特徴とする中性子ビーム制御装置。
2. 前記柱状プリズム(1)の断面形状がほぼ直角三角形であり、各柱状プリズムは、各辺(1a, 1b, 1c)が互いに平行に位置するように立体的に積層されている、ことを特徴とする請求項1に記載の中性子ビーム制御装置。
- 10 3. 直角三角形の斜面(1a)が互いに平行かつ同一方向に向き、全体がほぼ三角柱(2)を形成するように積層される、ことを特徴とする請求項2に記載の中性子ビーム制御装置。
4. 前記三角柱(2)を複数備え、各三角柱を構成する柱状プリズムの斜面(1a)が互いに交叉する方向に向くように配置される、ことを特徴とする請求項3に記載の中性子ビーム制御装置。
15
5. 前記柱状プリズム(1)の断面形状がほぼ直角三角形であり、各柱状プリズムの各辺(1a, 1b, 1c)が互いに平行に位置するように水平に積層された複数の水平プリズム板(3)を備え、各水平プリズム板が交互に90°ずつ水平回転させて垂直に積層される、ことを特徴とする請求項1に記載の中性子
20 ビーム制御装置。
6. 前記各柱状プリズムを所定の位置に位置決めするための位置決め部材(4)を備える、ことを特徴とする請求項1乃至5に記載のいずれかの中性子ビーム制御装置。
7. 中性子ビームに対する屈折率が1よりも小さい物質からなり、断面形
25 状がほぼ直角三角形である柱状プリズム(1)を複数成形し、各柱状プリズムの各辺が互いに平行に位置するように立体的に積層する、ことを特徴とする中性子ビーム制御装置の製造方法。
8. 前記柱状プリズムの成形は、モールド成形、押出し成形、切削、研削、研磨のいずれか又はこれらの組合せによる、ことを特徴とする請求項7に記載の

中性子ビーム制御装置の製造方法。

9. 前記柱状プリズムの成形は、前記物質からなる素材を棒状部材（5）に切出し、該各棒状部材を加工治具（6）の複数の同一溝（6 a）にそれぞれ嵌め込み、該溝の上面を同時に平面加工する、ことを特徴とする請求項7に記載の

5 中性子ビーム制御装置の製造方法。

10. 前記平面加工は、E L I D研削法による、ことを特徴とする請求項9に記載の中性子ビーム制御装置の製造方法。

11. 前記平面加工は、ストレート砥石、カップ砥石、又はラップ盤による、ことを特徴とする請求項9に記載の中性子ビーム制御装置の製造方法。

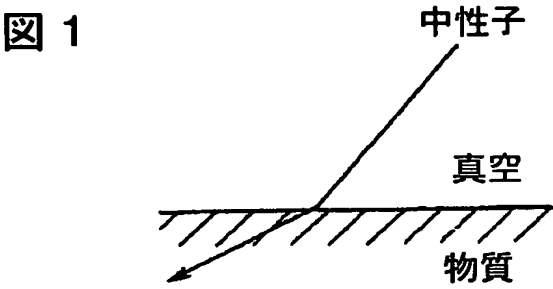


图2

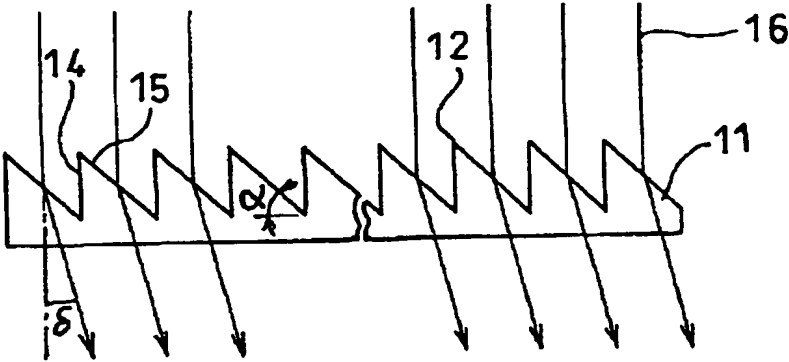


図3

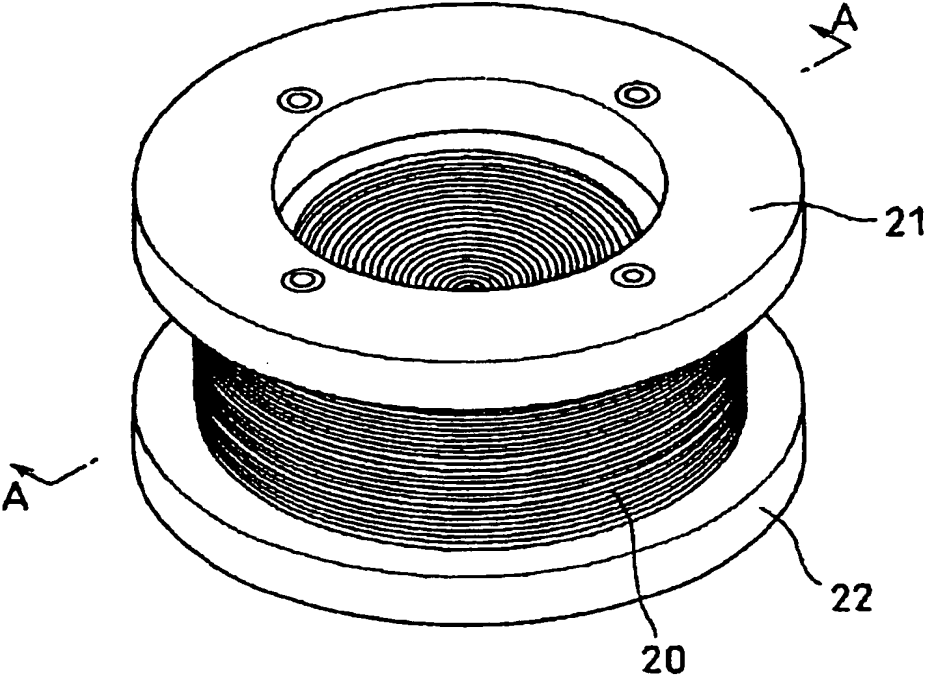
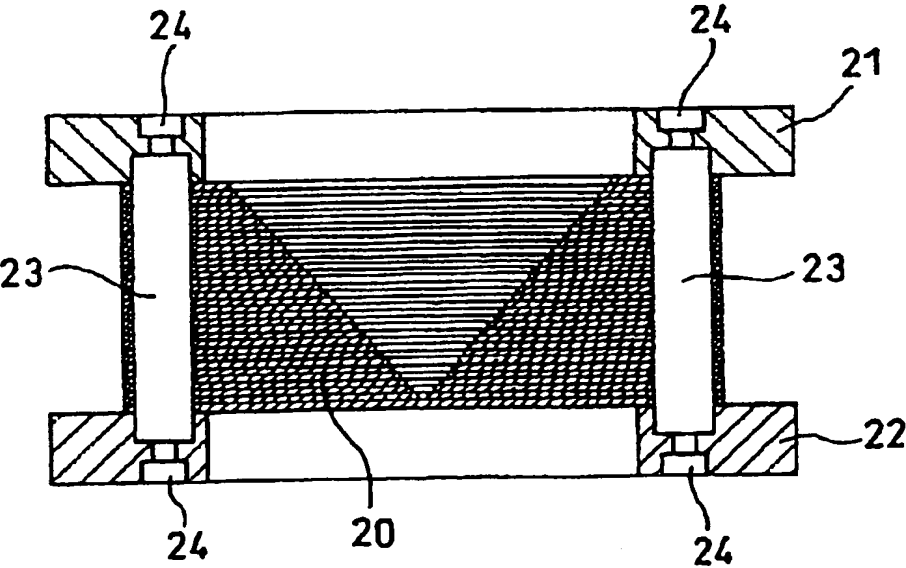


図4



3/9

図5A

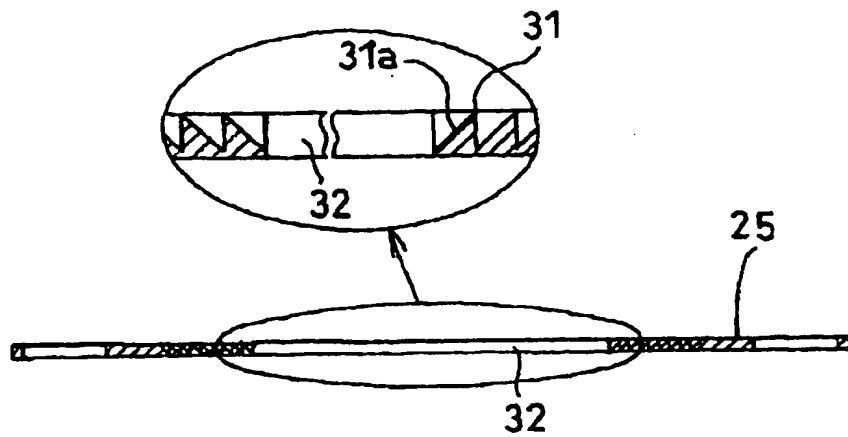


図5B

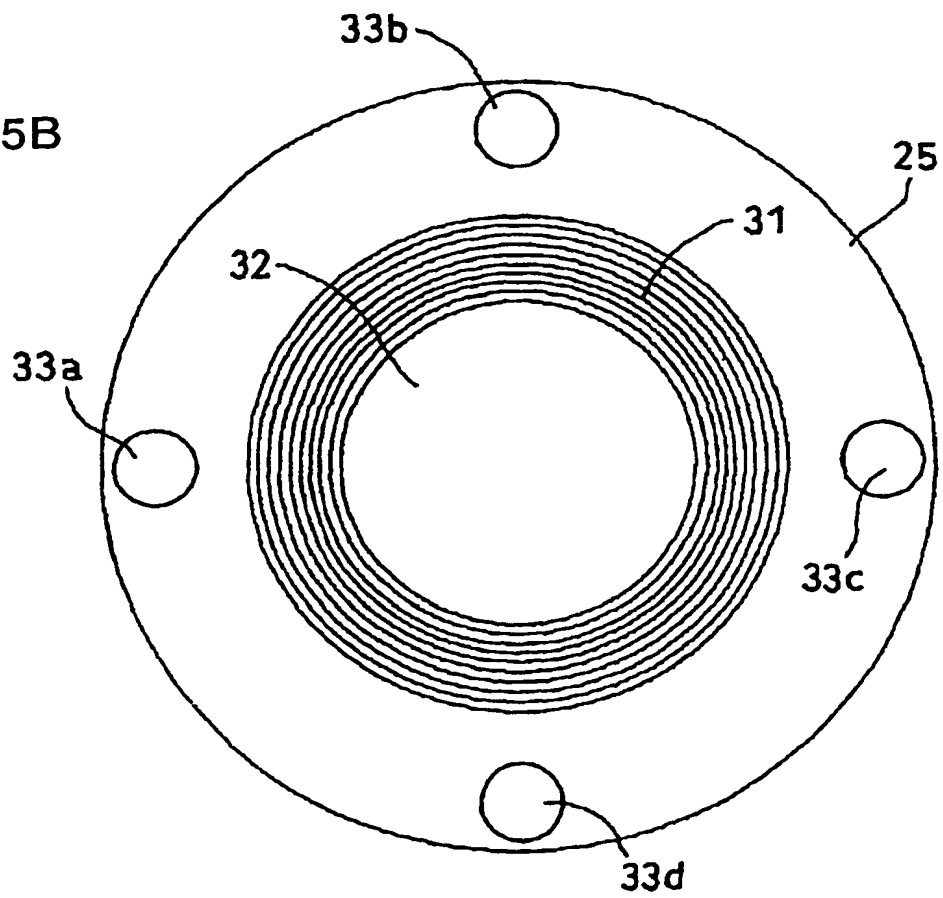


図6

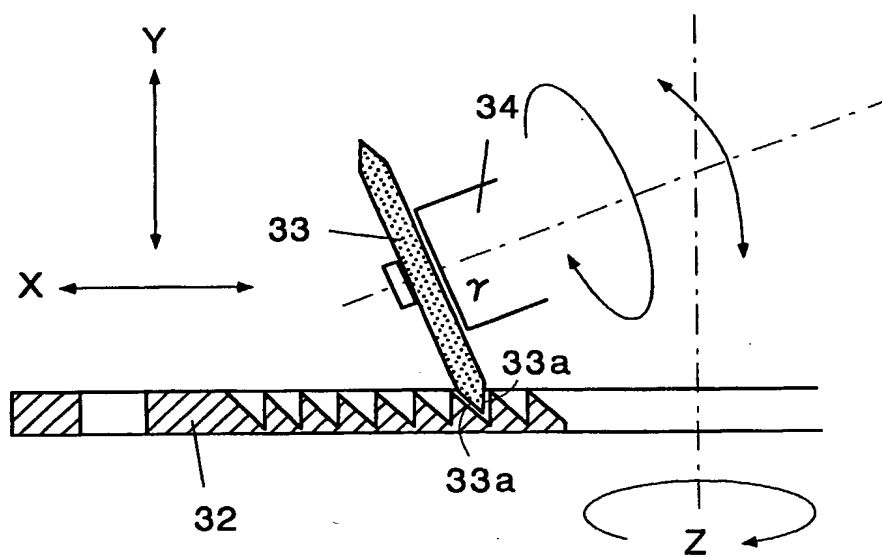


図7C

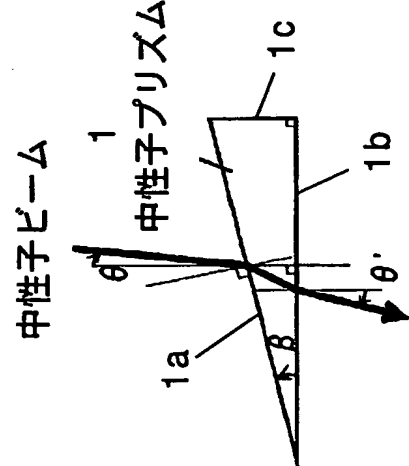


図7B

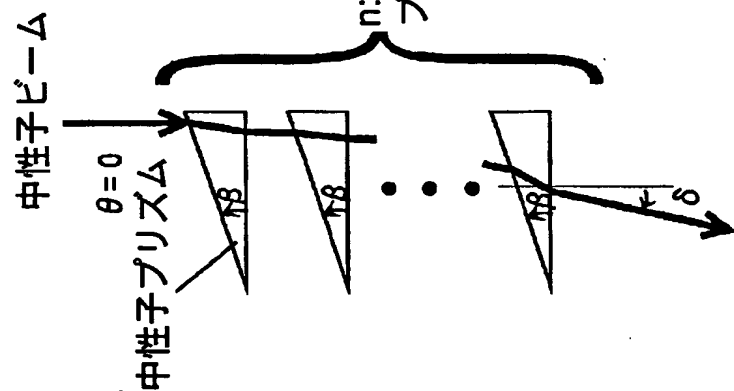


図7A

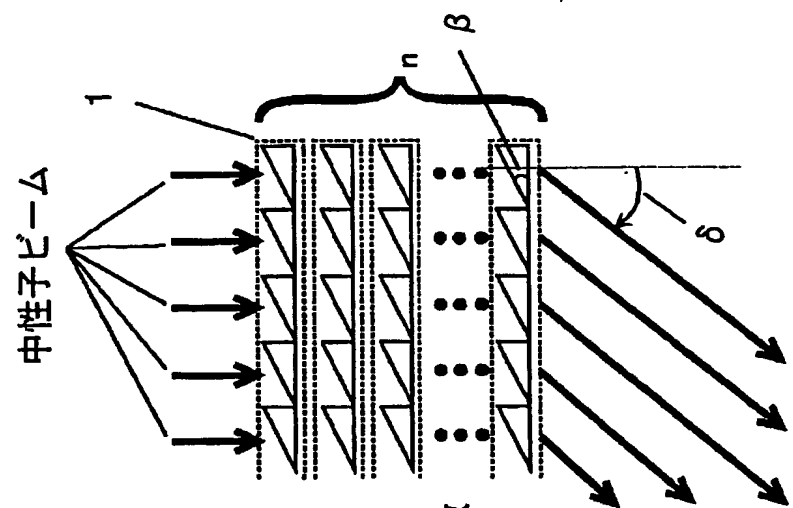
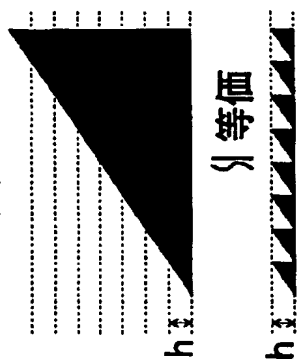


図7D



・吸収が少ない

6/9

図8A

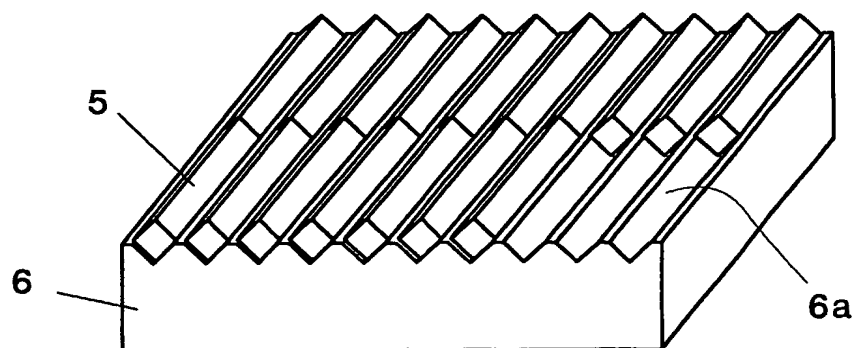
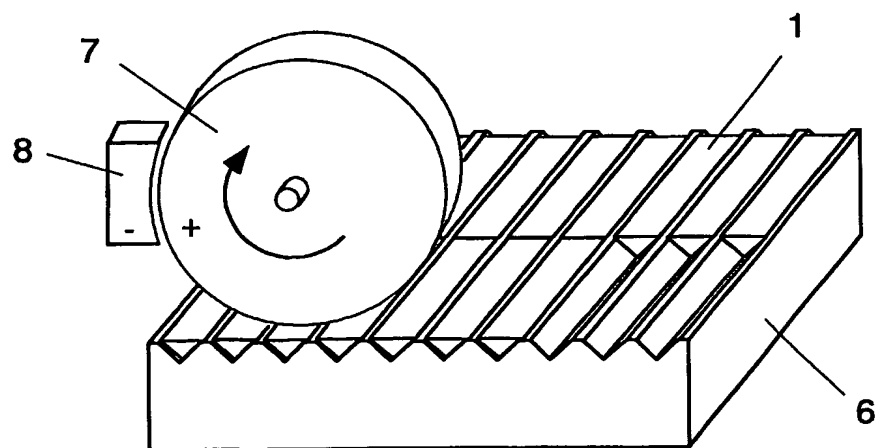


図8B



7/9

図9A

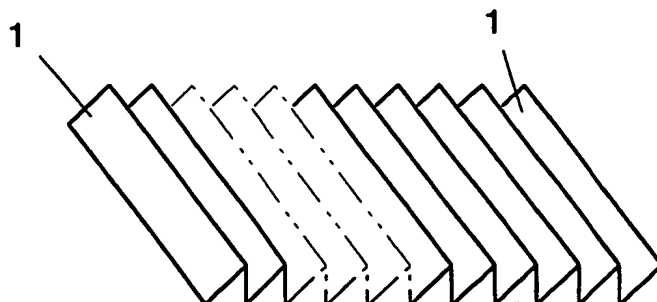


図9B

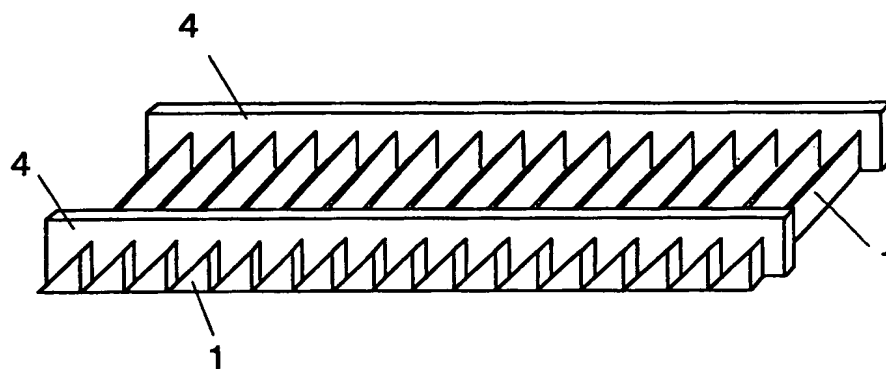
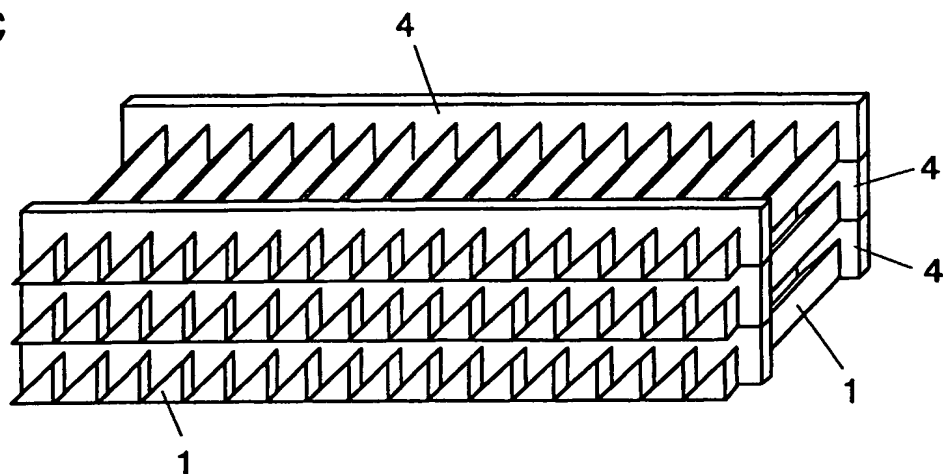


図9C



8/9

図10

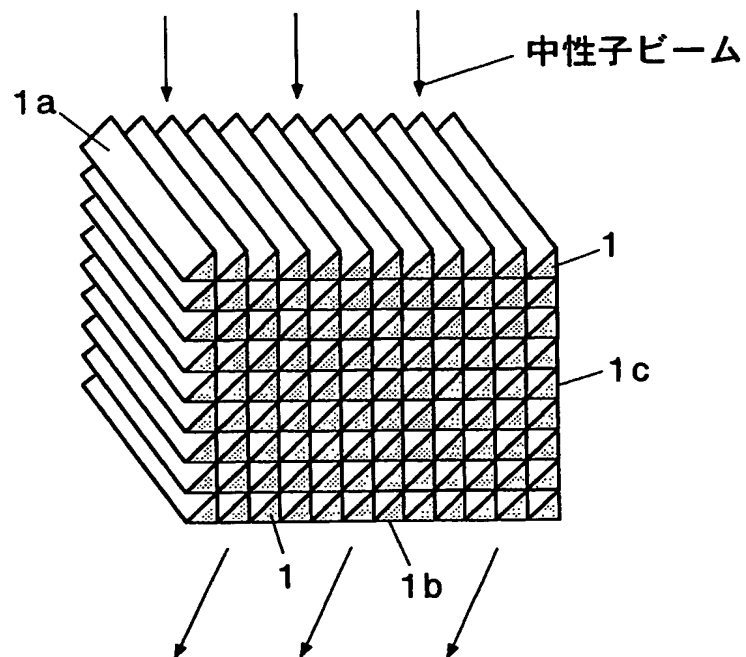


図11

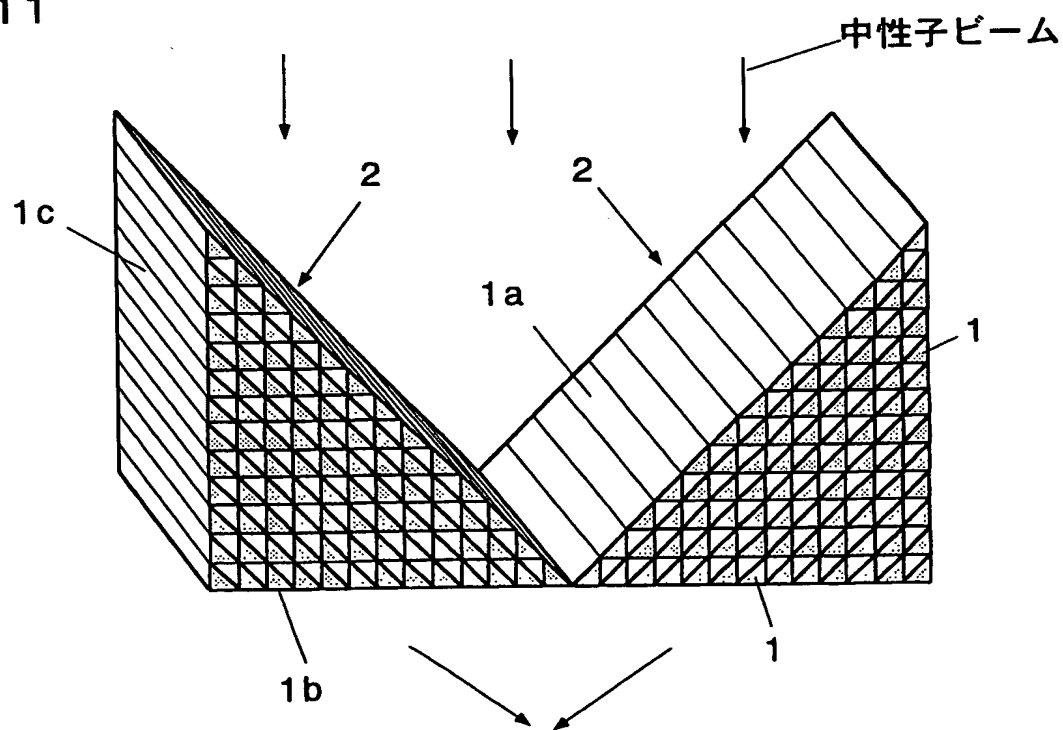
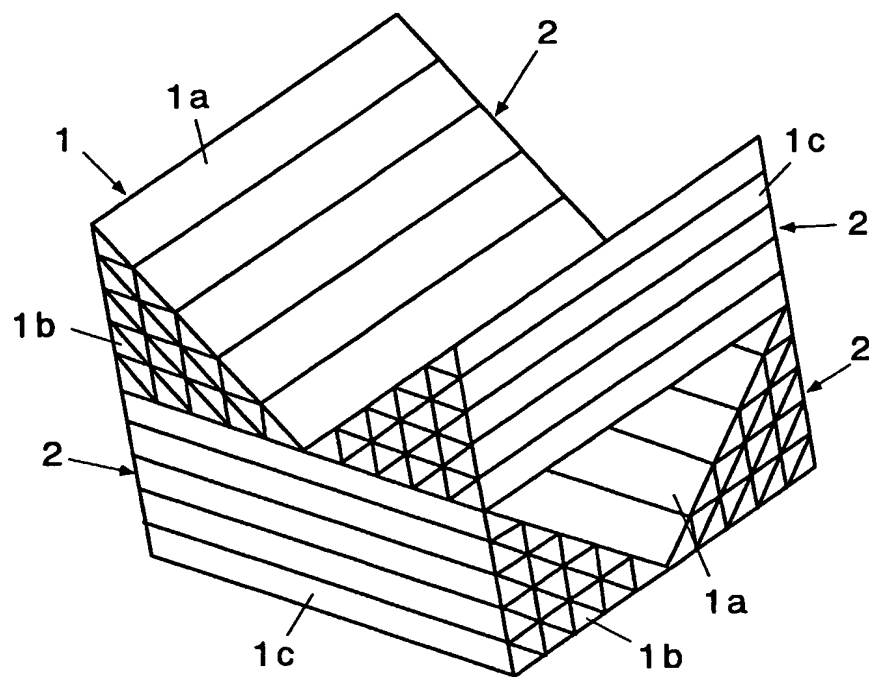


図12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/07002

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G21K1/06, 1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G21K1/06, 1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2000-258598 A (The Institute of Physical and Chemical Research), 22 September, 2000 (22.09.00), Full text; all drawings & EP 1035422 A2	1, 7 2-6, 8-11
X Y	JP 2001-62691 A (The Institute of Physical and Chemical Research), 13 March, 2001 (13.03.01), Full text; all drawings & EP 1080836 A2	1, 7 2-6, 8-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
23 July, 2003 (23.07.03)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2003 (05.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G21K1/06, 1/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G21K1/06, 1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996
 日本国公開実用新案公報 1971-2003
 日本国登録実用新案公報 1994-2003
 日本国実用新案登録公報 1996-2003

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2000-258598 A (理化学研究所) 2000.09.22 全文、全国 & EP 1035422 A2	1, 7 2-6, 8-11
X Y	JP 2001-62691 A (理化学研究所) 2001.03.13 全文、全国 & EP 1080836 A2	1, 7 2-6, 8-11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.07.03

国際調査報告の発送日

05.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JPO)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岡崎 輝雄



2M

9715

電話番号 03-3581-1101 内線 3226